

## Отзыв

на автореферат диссертации Желнина Максима Сергеевича на тему: «Моделирование гидромеханического поведения грунтов при искусственном замораживании», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью совершенствования имеющейся в настоящее время научно-методической базы, на которой строится прогнозирование процессов искусственного замораживания таких сред сложного состава и строения, как массив горных пород, одновременно содержащий грунт, лед и движущуюся воду. Такие расчеты обусловлены необходимостью проектирования и сопровождения строительства стволов шахт, тоннелей метрополитенов, других подземных сооружений, возводимых в неустойчивых породах. В своей работе автор показал, что в настоящее время имеется большое разнообразие подходов к построению термогидромеханических моделей и недостаточной изученности этого вопроса. В качестве цели в диссертации автор ставит построение трехмерной математической модели промерзания влагонасыщенных грунтов с учетом термогидромеханических эффектов, что позволяет провести моделирование мероприятий, выполняемых при проходке вертикального шахтного ствола способом искусственного замораживания. Такая постановка задачи, на наш взгляд, является новой, имеет научную и практическую значимость. Для достижения указанной цели автор в своих исследованиях использует методы механики сплошных и пористых сред, теории тепло- и массопереноса, механики деформируемого твердого тела. Компьютерная реализация модели выполнена в программном комплексе COMSOL Multiphysics. Параметры модели устанавливаются путем согласования результатов численного моделирования с натурными данными, что дает высокую точность прогноза. На защиту автор выносит пять научных положений, из которых, на наш взгляд, наиболее значимо первое, касающееся непосредственно трехмерной термогидромеханической модели промерзания влагонасыщенного грунта, описывающей процессы миграции влаги к фронту фазового перехода, морозного пучения грунта в замороженной зоне и его усадки вблизи фронта промерзания. Другие научные положения дополняют первое в плане его валидации и практического применения. Достоверность построенной модели обеспечивается удовлетворительным согласованием полученных результатов с данными лабораторных и натуральных экспериментальных наблюдений, проведенных в ряде научных организаций и при строительстве шахтного ствола на руднике Петриковского ГОК. Разработанная автором трехмерная термогидромеханическая модель промерзания влагонасыщенного грунта может быть рекомендована для использования при проектировании и строительстве шахтных стволов на горных предприятиях, городских тоннелей метро, других строительных

объектов, возводимых в неустойчивых породах, в районах вечной мерзлоты или схожих условиях.

Публикации автора по теме диссертации, а также апробация работы на ряде всероссийских и международных конференциях и симпозиумах позволяют получить достаточно полное представление о научных положениях, выводах и рекомендациях.

*Имеется замечание.* Было бы целесообразней, если бы автор сформулировал научные положения в форме утверждений, а не результатов, форма которых больше подходит для заключения по диссертации.

Указанное замечание не снижает ценности диссертации, в которой автор представил обоснованное решение по построению трехмерной математической модели промерзания влагонасыщенных грунтов с учетом термогидромеханических эффектов, что имеет важное значение для проектирования и строительства подземных сооружений при использовании искусственного замораживания пород, а также в целом для развития методов математического моделирования процессов в криогенных системах сложного состава и строения.

Вознесенский Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС».

Адрес организации: 119049, Москва, Ленинский проспект, 4.

Интернет сайт организации: <http://misis.ru>.

Эл. почта автора отзыва: [al48@mail.ru](mailto:al48@mail.ru).

Телефон автора отзыва: +7-910-409-94-93.



Вознесенский Александр Сергеевич

Я, Вознесенский Александр Сергеевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«22» ноября 2021 г.  Вознесенский А. С.

Подпись Вознесенского Александра Сергеевича, автора отзыва, удостоверяю.



КУЗНЕЦОВА А.Е.

22.11.2021г.